

"Express Mail" Mailing Label Number: EL852684925US

Date of Deposit: OCTOBER 16, 2001

I hereby certify that this paper or fee is being deposited with the United States Postal Service "Express Mail Post Office to Addressee" service under 37 C.F.R. 1.10 on the date indicated above and is addressed to:  
Assistant Commissioner for Patents Washington, D.C. 20231.

Hilary M. McNulty  
By: Hilary M. McNULTY

## **Schwingkolbenantrieb**

Die Erfindung bezieht sich auf einen Schwingkolbenantrieb, insbesondere für eine Schwingkolbenvakuumpumpe, mit einem Gehäuse, mit einem im Gehäuse ausgebildeten Zylinder, mit einem im Zylinder hin und her bewegbaren Kolben und mit einem elektromagnetischen Antrieb für den Kolben, welcher statorseitig einen Elektromagneten und kolbenseitig mindestens einen Permanentmagneten umfasst.

Ein Schwingkolbenantrieb mit diesen Merkmalen ist aus der DE-A-41 02 710 bekannt. Bei diesem Schwingkolbenantrieb nach dem Stand der Technik befinden sich im Zylinder zwei Federn, von denen sich jeweils eine zwischen einer der beiden Stirnseiten des Kolbens und der zugehörigen Stirnseite des Zylinders erstreckt. Dadurch wird erreicht, dass der Kolben im Ruhezustand eine zentrale axiale Lage einnimmt. Bei einer ständigen Beanspruchung von Spiralfedern ist eine Ermüdung des Federwerkstoffes unvermeidbar. Die Standzeit von Schwingkolbenantrieben nach dem Stand der Technik ist deshalb auf die Lebensdauer des Federwerkstoffes begrenzt.

## **Schwingkolbenantrieb**

Die Erfindung bezieht sich auf einen Schwingkolbenantrieb, insbesondere für eine Schwingkolbenvakuumpumpe, mit einem Gehäuse, mit einem im Gehäuse ausgebildeten Zylinder, mit einem im Zylinder hin und her bewegbaren Kolben und mit einem elektromagnetischen Antrieb für den Kolben, welcher statorseitig einen Elektromagneten und kolbenseitig mindestens einen Permanentmagneten umfasst.

Ein Schwingkolbenantrieb mit diesen Merkmalen ist aus der DE-A-41 02 710 bekannt. Bei diesem Schwingkolbenantrieb nach dem Stand der Technik befinden sich im Zylinder zwei Federn, von denen sich jeweils eine zwischen einer der beiden Stirnseiten des Kolbens und der zugehörigen Stirnseite des Zylinders erstreckt. Dadurch wird erreicht, dass der Kolben im Ruhezustand eine zentrale axiale Lage einnimmt. Bei einer ständigen Beanspruchung von Spiralfedern ist eine Ermüdung des Federwerkstoffes unvermeidbar. Die Standzeit von Schwingkolbenantrieben nach dem Stand der Technik ist deshalb auf die Lebensdauer des Federwerkstoffes begrenzt.

Der Schwingkolbenantrieb nach der DE-A-41 02 710 ist Bestandteil einer Schwingkolbenpumpe, bei der mindestens eine der beiden vom Kolben und vom Zylinder gebildeten Kammern die Funktion eines Kompressionsraumes hat. In diesem Raum bzw. in diesen Räumen befinden sich die Spiralfedern. Dieses führt zu unerwünschten Toträumen, wodurch die Pumpwirkung beeinträchtigt ist.

Der vorliegenden Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, einen Schwingkolbenantrieb der eingangs genannten Art derart zu verbessern, dass er den Nachteil ermüdender Federwerkstoffe nicht mehr hat. Außerdem soll erreicht werden, dass der Antrieb für den Einsatz bei Schwingkolbenvakuumpumpen besonders geeignet ist.

Erfindungsgemäß wird diese Aufgabe dadurch gelöst, dass statorseitig Permanentmagneten vorgesehen sind und dass der/die Permanentmagnet(en) des Kolbens und die Permanentmagneten des Stators so ausgebildet und angeordnet ist (sind), dass der Kolben im Ruhezustand eine im wesentlichen zentrale axiale Lage einnimmt. Im Ruhezustand, das heißt bei stromlosem Elektromagneten, bewirkt die Überlagerung der Magnetfelder, die von den am Kolben und im Stator angebrachten Permanentmagneten erzeugt werden, dass auf den Kolben Kräfte wirken, die diesen axial zentrieren. Dadurch ergibt sich im Ruhezustand eine definierte, z.B. mittlere Kolbenlage, die allein auf der Wirkung von Magnetkräften beruht und keiner mechanischen Zusatzeinrichtungen, wie Federn, bedarf.

Zweckmäßig ist der Kolben mit zwei Permanentmagneten ausgerüstet, von denen jeweils einer im Bereich der beiden Stirnseiten des Kolbens angeordnet ist. Jedem dieser kolbenseitigen Permanentmagneten ist jeweils ein statorseitiger Permanentmagnet zugeordnet, und zwar im Bereich der Stirnseiten des Zylinders mit in etwa gleicher radialer Lage.

Bei einer besonders einfachen Lösung ist der Kolben mit nur einem in axialer Richtung etwa zentral angeordneten Permanentmagnetring ausgerüstet. Seitlich neben diesem Ring befinden sich je ein statorseitig angeordneter Permanentmagnet, deren Abstände vom Magnetring des Kolbens die Amplitude der Kolbenbewegung bestimmen und die die gewünschte Verzögerung des Kolbens bewirken, wenn er sich einem der Totpunkte nähert.

Sind die Permanentmagneten des Stators zu den korrespondierenden Permanentmagneten des Kolbens in axialer Richtung gegensinnig magnetisiert, dann erzeugen ihre Magnetfelder abstoßende Kräfte. Diese Kräfte haben die Wirkung, dass der sich einer Zylinderstirnseite nähernde Kolben abgebremst und schließlich die Umkehrbewegung des Kolbens eingeleitet wird. Ist die Anordnung insgesamt symmetrisch aufgebaut, und zwar sowohl in Bezug auf ihre Abmessungen als auch in Bezug auf die Stärke der Magnetfelder, dann nimmt der Kolben im stromlosen Zustand der Spule des Elektromagneten eine axial mittige Lage ein.

Beim Einsatz des erfindungsgemäßen Antriebes in einer Schwingkolbenvakuumpumpe kann ein in axialer Richtung

asymmetrischer Aufbau zweckmäßig sein, da die Symmetrieverhältnisse für die Kraftkennlinie maßgebend sind. Ist die Belastung der beiden stirnseitig gelegenen Kompressionsräume der Pumpe während des Pumpprozesses unsymmetrisch, kann durch einen axial unsymmetrischen Aufbau des Antriebs für eine angepasste Kraftkennlinie gesorgt werden.

Weitere Vorteile und Einzelheiten der Erfindung sollen an Hand von in den Figuren 1 bis 8 schematisch dargestellten Ausführungsbeispielen erläutert werden.

Es zeigen

- Figuren 1 und 2 Schnitte durch zwei Ausführungsformen eines Schwingkolbenantriebs nach der Erfindung,
- Figur 3 eine Schwingkolbenvakuumpumpe mit einem Antrieb nach der Erfindung,
- Figuren 4 und 5 Ausführungsbeispiele für Schwingkolbenvakuumpumpen mit jeweils zwei Kolben,
- Figuren 6 und 7 Schaltungsbeispiele und
- Figur 8 ein weiteres Ausführungsbeispiel für eine Schwingkolbenvakuumpumpe nach der Erfindung.

In den Figuren sind jeweils ein äußeres Gehäuse mit 2, der im Gehäuse 2 ausgebildete Zylinderraum mit 3, der

im Zylinder 3 befindliche Kolben mit 4 und seine Laufbuchse mit 5 bezeichnet.

Im Gehäuse untergebrachte Statorbestandteile des elektromagnetischen Antriebs nach den Figuren 1 bis 5 sind mindestens eine Spule 8 sowie ein die Spule (n) 8 von drei Seiten umfassendes, im Querschnitt U-förmiges, nach innen offenes Polbauteil 11 (Joch). Weiterhin ist ein rohrabschnitt-förmiges Polbauteil 12 (Leitjoch) vorgesehen, das sich zwischen Spule 8 und Laufbuchse 5 befindet. Schließlich gehören zum Statorsystem zwei Permanentmagneten 15, 16, die sich in den Bereichen der Stirnseiten des Zylinders 3 befinden. Die U-Schenkel des Jochs 11 enden in Höhe dieser Permanentmagneten 15, 16.

Kolbenseitige Bestandteile des elektromagnetischen Antriebs sind zwei Permanentmagneten 18, 19, die sich in den Bereichen der Stirnseiten des Kolbens 4 befinden. In radialer Richtung sind den Permanentmagneten 18, 19 Polbauteile 21 bis 24 (Figuren 1, 2) zugeordnet. Zweckmäßig sind sie mit diesen Polbauteilen abgedeckt, wobei die stirnseitig befindlichen Abdeckungen 21, 24 Bestandteile von Kolbenabdeckscheiben 25, 26 sein können, die in ihren zentralen Bereichen aus nicht ferromagnetischem Werkstoff bestehen. Auch der Kolben 4 besteht im übrigen aus nicht ferromagnetischem Werkstoff.

Der Aufbau der in den Figuren 1 bis 5 dargestellten Antriebe ist zweckmäßig rotationssymmetrisch. Vorteilhaft ist dabei die Ausbildung ringförmiger Permanentmagneten, und zwar sowohl am Stator (15, 16) als auch am

Kolben (18, 19). Nicht-rotationssymmetrische Lösungen wären aufwendiger in Bezug auf ihre Herstellung.

Bei allen in den Figuren 1 bis 5 dargestellten Ausführungsbeispielen sind jeweils zwei im wesentlichen stirnseitig angeordnete Permanentmagneten 18, 19 am Kolben vorgesehen. Diese könnten auch durch einen einstückigen Permanentmagneten ersetzt werden, der zum Beispiel in Form eines Rohres den Kolben 4 umgibt.

Zweckmäßig weisen die Schwingkolbenantriebe nach allen Figuren Sensorbauteile auf. Nur in den Figuren 1 und 2 sind solche Sensorbauteile 31, 32 dargestellt. Sie sind ebenfalls ringförmig ausgebildet. Jeweils einer ist im Bereich der beiden Stirnseiten des elektromagnetischen Antriebs angeordnet. Diese Sensoren 31, 32 dienen der Erkennung der Kolbenlage, hauptsächlich im Bereich seiner Totpunkte. Zweckmäßig sind die Sensoren 31, 32 als Ringspulen ausgeführt. Die in diesen Ringspulen induzierte Spannung ist von der Kolbenlage abhängig, so dass die erzeugten Signale zur Ansteuerung der Spule (n) 8 verwendet werden können. Statt der Ringspulen können auch Hall-Elemente, optische Sensoren oder Wirbelstromsensoren eingesetzt werden.

Die Schwingkolbenantriebe nach den Figuren 1 und 2 unterscheiden sich nur in Bezug auf die Ausbildung des Leitjochs 12. Beim Ausführungsbeispiel nach Figur 1 ist es in axialer Richtung symmetrisch ausgebildet. Die auf den Kolben 4 wirkenden Antriebskräfte sind deshalb ebenfalls symmetrisch. Beim Ausführungsbeispiel nach Figur 2 ist das Leitjoch 12 in axialer Richtung asymme-

trisch ausgebildet. Sein Abstand zur Sensor-Spule 32 ist geringer als zur Sensorspule 31. Die im Bereich der Sensorspule 32 auf den Permanentmagneten 19 des Kolbens 4 ausgeübten Antriebskräfte sind deshalb größer als die entsprechenden Antriebskräfte im Bereich des Permanentmagneten 18. Diese Wirkung kann auch durch axial asymmetrische Gestaltung anderer Polbauteile, z.B. der Abdeckscheiben 21 bis 24, der Ausbildung der Schenkelen des Jochs 11 oder dergleichen, erreicht werden. Im übrigen sind die Schwingkolbenantriebe nach den Figuren 1 und 2 sehr schematisch dargestellt. Mit dem Kolben 4 verbundene Antriebselemente wurden weggelassen.

Die Figur 3 zeigt eine Schwingkolbenvakuumpumpe mit einem Schwingkolbenantrieb nach der Erfindung. Bei diesem Ausführungsbeispiel bilden der Zylinder 3, die Stirnseiten des Kolbens 4 und die Laufbuchse 5 Teilräume 34, 35, die die Funktion von Kompressionsräumen haben. Jede dieser Pumpstufen hat jeweils einen Einlass 36, 37, der seitlich in den Kompressionsraum 34 bzw. 35 mündet. Dadurch haben der Kolben und die Mündungen in an sich bekannter Weise die Funktion von Einlass-Steuerventilen.

Auslass-Ventile 41, 42 sind jeweils stirnseitig angeordnet. Zweckmäßig erstreckt sich die Auslassöffnung im wesentlichen über die gesamte Querschnittsfläche des Zylinders 3 (an sich bekannt aus der DE-A-196 34 517). Die Verschlusselemente sind als sich über den gesamten Querschnitt des Zylinders 3 erstreckende, flexible Teiler 43, 44 ausgebildet, die zentral am Gehäuse 2 befestigt sind und peripher durch den erzeugten Druck oder durch die Stirnseiten des Kolbens betätigt werden. Beim



Ausführungsbeispiel nach Figur 3 sind die Kolbenstirnseiten konkav gestaltet. Die Stirnseiten der Zylinderwand oder - wie in Figur 3 dargestellt - die äußeren Stirnflächen der statorseitigen Permanentmagneten 15, 16 bilden die Ventilsitze. Die aus den Ventilen 41, 42 austretenden Gase treten zunächst in Auslasskammern 45, 46 ein, an die sich die Auslässe 47, 48 anschließen.

Bei der Ausführung nach Figur 3 befinden sich die Stator-Permanentmagneten 15, 16 im Zylinder 3. Die Stirnseiten des Kolbens sind mit äußeren, der Größe dieser Magneten entsprechenden Aussparungen 10, 20 ausgerüstet. Diese Maßnahmen dienen der Vermeidung von Toträumen während des Betriebs der Pumpe.

Die Figuren 4 und 5 zeigen Ausführungsbeispiele für Schwingkolbenpumpen, bei denen im Gehäuse 2 mit einer gemeinsamen mittleren Gehäusescheibe 50 jeweils zwei gleichartige Kolben 4, 4' untergebracht sind. Die Antriebe sind derart ausgebildet und gesteuert, dass die beiden Kolben 4, 4' gegensinnig schwingen. Infolge des dadurch bewirkten Massenausgleichs sind die Pumpen vibrationsfrei.

Beim Ausführungsbeispiel nach Figur 4 sind die beiden Pumpstufen der beiden Kolben 4 und 4' parallel geschaltet. Die jeweils schematisch durch Linien angedeuteten Gaswege lassen erkennen, dass das zu fördernde Gas vom Gaseinlass 51 den Kompressionskammern 35 und 34' zugeführt wird. Sie verlassen diese Kompressionskammern durch die Austrittsventile 42, 41'. Von dort aus werden sie jeweils den Kompressionskammern 34 bzw. 35' zuge-

führt. Die beiden Gasauslässe sind mit 52 und 53 bezeichnet.

Die dargestellten Auslassventile 41, 42 und 41', 42' sind ähnlich ausgebildet, wie beim Ausführungsbeispiel nach Figur 3. Unterschiedlich ist, dass die Stirnseiten der Kolben 4, 4' nicht konkav ausgebildet sondern mit Stößeln ausgerüstet sind, die die zugehörigen Ventilteller betätigen. Andere Ausführungen von Auslassventilen dieser Art sind aus der DE-A-196 34 517 bekannt.

Unterschiedlich gegenüber der Lösung nach Figur 3 ist weiterhin, dass beide Antriebe der Kolben 4 und 4' jeweils in axialer Richtung asymmetrisch ausgebildet sind. Die Jochbauteile 12, 12' sind zur jeweiligen Gasauslassseite (Auslässe 52, 53) hin verlängert. Die auslassseitigen Permanentmagneten 18 und 19' der Kolben 4 und 4' sind beidseitig mit Polbauteilen 21, 22 bzw. 21', 22' abgedeckt, während den inneren Permanentmagneten 19, 18' nur jeweils ein Polbauteil 23 bzw. 23' zugeordnet ist. Durch diese Maßnahmen sind die Kraftkennlinien der Antriebe der Tatsache angepasst, dass die äußeren Pumpstufen gegen Atmosphärendruck pumpen.

Beim Ausführungsbeispiel nach Figur 5 sind die vier Pumpstufen hintereinander geschaltet. Die vom Einlass 51 zum Auslass 54 geförderten Gase gelangen nacheinander durch die Kompressionsräume 34', 34, 35, 35'. Die Lösung nach Figur 5 weist die Besonderheit der magnetisch betätigten Schließbewegung der Ventile 41, 42, 41', 42' auf. Die tellerartigen Verschlusselemente bestehen zumindest zum Teil (z.B. Außenwand) aus ferroma-

netischem Werkstoff, so dass die Statorpermanentmagneten 15, 16, 15', 16' eine anziehende Kraft ausüben. Die Öffnung der Teller erfolgt druckgesteuert oder kolbengesteuert (über die dargestellten Stößel), während die Schließbewegung von magnetischen Kräften bewirkt wird.

Die Figuren 6 und 7 zeigen Schaltungsbeispiele für mit Sensorbauteilen ausgerüstete Schwingkolbenantriebe. Die Bauteile des Antriebs sind jeweils im Block 61, die Bauteile der Elektronik im Block 62 untergebracht.

Figur 6 zeigt eine Lösung mit nur einer Spule 8, die in Abhängigkeit von den Signalen der Sensoren 31, 32 angesteuert wird. Der Ansteuerung dient eine vier Schalter umfassende Brückenschaltung 63, der zum einen die Speisespannung U und zum anderen die in einer Logik 64 verarbeiteten Signale der Sensoren 31, 32 zugeführt werden. Die vier leistungselektronischen Schalter werden über die Logik 64 so angesteuert, dass die beiden Anschlüsse der Spule 8 je nach gewünschter Stromrichtung in der Spule mit dem positiven oder negativen Pol der Gleichspannungsquelle 65 verbunden werden.

Bei der Anordnung nach Figur 7 befinden sich zwei gegensinnig gewickelte Spulen 8' und 8'' im Spulenraum des Antriebs. Sie können nebeneinander oder konzentrisch zueinander angeordnet sein. In diesem Fall muss in beiden Spulen nur eine Stromflussrichtung möglich sein. Das eine Ende der Spulen wird daher fest mit dem positiven Pol der Gleichspannung U verbunden, während die anderen Enden der Spulen mittels zweier leistungselektronischer Schalter 66, 67 mit dem negativen Pol

der Gleichspannung  $U$  abwechselnd verbunden werden. Die Ansteuerung der beiden Schalter erfolgt direkt über die Sensoren 31, 32 im oberen und unteren Totpunkt. Diese Anordnung minimiert den leistungselektronischen Aufwand. Sie bedeutet jedoch eine schlechtere Ausnutzung des Spulenraums.

Es besteht die Möglichkeit, auf Sensorbauteile im Antrieb zu verzichten. In diesem Fall kann die in die Spule(n) im Stator induzierte Spannung als Information zur Erkennung der Kolbenlage herangezogen und die Bestromung der Spule(n) von dieser Information abgeleitet werden.

Bezüglich der Steuerung der Spule(n) sind mehrere Varianten realisierbar. Bei der ersten wird eine Schwingfrequenz fest vorgegeben und der Strom in der/den Spule(n) so vorgegeben, dass diese Frequenz auch erreicht wird. Die Bewegungsumkehr erfolgt in der jeweiligen Endlage. Diese Vorgehensweise wird als Fremdsteuerung bezeichnet. Dieses Prinzip hat den Nachteil, dass es bei einer sehr großen Prozessbelastung zu einer Überlastung der Pumpe kommen kann.

Bei einem zweiten Steuergesetz wird das Prinzip der Selbststeuerung verwendet. In diesem Fall wird der maximale Strom in der/den Spule(n) vorgegeben und bei einer zu großen Belastung die Schwingfrequenz reduziert. Die Bewegungsumkehr erfolgt auch hier dann, wenn der Kolben in der jeweiligen Endlage angekommen ist.

Bei einem dritten Steuergesetz wird das zweite Steuergesetz insofern abgewandelt, als dass die Bewegungsumkehr bereits vor dem Erreichen der Endlage durchgeführt wird. Damit kann der Schwingkolbenmotor beim "Anpumpen" oder bei zu großer dauerhafter Last vor Überlastung geschützt werden. Zusätzlich kann das System für kleinere Kräfte ausgelegt und damit kostengünstiger realisiert werden. Dies gilt auch für das zweite Steuergesetz.

Das in der Figur 8 dargestellte Ausführungsbeispiel einer Schwingkolbenvakuumpumpe nach der Erfindung unterscheidet sich von der Ausführung nach Figur 3 dadurch, dass der Kolben 4 mit nur einem Permanentmagnetring 20 ausgerüstet ist, der in axialer Richtung zentral angeordnet ist. Er umgibt den Mantel des Kolbens 4, so dass die beiden statorseitigen Permanentmagneten 15, 16 in einem Abstand, der der Amplitude der Kolbenbewegung entspricht, seitlich daneben angeordnet werden können. Der statorseitige Teil des Linearantriebs ist dieser Anordnung der Permanentmagneten 15, 16, 20 angepaßt. Es sind zwei Spulen 8', 8'' vorgesehen, die von einem Joch 11 mit einem zentralen Jochbauteil 11' umfaßt werden. Die Stirnseite des radial nach innen gerichteten zentralen Jochbauteiles 11' umgibt den Permanentmagnetring 20. Die Stirnseiten der inneren, sich axial erstreckenden Jochbauteile liegen den statorseitigen Permanentmagneten 15, 16 von außen an.

Figur 8 läßt weiterhin einen zweckmäßigen Aufbau des Kolbens 4 erkennen. Er besteht beispielhaft aus zwei Topfbauteilen 70, 71, die im Bereich ihre offenen Seiten z.B. durch Kleben miteinander verbunden sind. Dazu

können je ein axial gerichteter Vorsprung 72 bzw. 73 dienen, die im zusammengefügt Zustand konzentrisch einander anliegen. Weiterhin sind die Topfbauteile 70, 71 im Bereich ihrer offenen Seiten jeweils mit einem sich radial erstreckenden Rand 74 bzw. 75 ausgerüstet. Der Abstand dieser Ränder 74, 75 von der jeweiligen offenen Stirnseite der Topfbauteile 70, 71 ist so gewählt, dass sie im zusammengefügt Zustand eine umlaufende Nut 76 bilden, deren Breite der Breite des Permanentmagnetringes 20 entspricht. Mit dieser Lösung können eine sichere Befestigung des Ringes 20 auf dem Kolben 4 sowie eine möglichst geringe Kolbenmasse erreicht werden.

## Schwingkolbenantrieb

### PATENTANSPRÜCHE

1. Schwingkolbenantrieb, insbesondere für eine Schwingkolbenvakuumpumpe, mit einem Gehäuse (2), mit einem im Gehäuse ausgebildeten Zylinder (3), mit einem im Zylinder hin und her bewegbaren Kolben (4), und mit einem elektromagnetischen Antrieb für den Kolben (4), welcher statorseitig einen Elektromagneten (11) und kolbenseitig mindestens einen Permanentmagneten (18, 19) umfasst, dadurch gekennzeichnet, dass auch statorseitig Permanentmagneten (15, 16) vorgesehen sind und dass der (20) bzw. die Permanentmagnet(en) (18, 19) des Kolbens (4) und die Permanentmagneten (15, 16) des Stators so ausgebildet und angeordnet ist (sind), dass der Kolben (4) im Ruhezustand eine im wesentlichen zentrale axiale Lage einnimmt.
2. Antrieb nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass der Kolben (4) jeweils stirnseitig mit einem Permanentmagneten (18 bzw. 19) ausgerüstet ist und dass sich jeweils ein statorseitiger Permanentmagnet (15 bzw. 16) im Bereich der Stirnseiten des Zylinders (3) befindet.

3. Antrieb nach einem der Ansprüche 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, dass sich die statorseitigen Permanentmagneten (15, 16) im Zylinder (3) befinden und dass die Stirnseiten des Kolbens (4) jeweils mit Aussparungen ausgerüstet sind, die den Abmessungen der statorseitigen Permanentmagneten (15, 16) entsprechen.
4. Antrieb nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, dass statorseitig ein Polbauteil (Joch) (11) vorgesehen ist, das im Querschnitt U-förmig ausgebildet ist und dessen U-Schenkel in Höhe der statorseitigen Permanentmagneten (15, 16) enden.
5. Antrieb nach Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, dass das U-förmig ausgebildete Polbauteil (11) eine oder mehrere Spulen (8, 8', 8'') von drei Seiten umfasst.
6. Antrieb nach Anspruch 5, dadurch gekennzeichnet, dass sich zwischen der oder den Spule(n) und dem Zylinder (3) ein weiteres, etwa rohrabschnittförmiges Polbauteil (12) befindet.
7. Antrieb nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass den Permanentmagneten (18, 19) am Kolben (4) axial angeordnete Polbauteile (21 bis 24) zugeordnet sind.
8. Antrieb nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, dass der Kolben mit nur einem, in axia-



ler Richtung etwa zentral angeordneten Permanentmagneten (20) ausgerüstet ist.

9. Antrieb nach Anspruch 8, dadurch gekennzeichnet, dass je ein statorseitig angeordneter Permanentmagnet (15, 16) seitlich neben dem kolbenseitig angeordneten Permanentmagneten (20) vorgesehen ist und dass der Abstand der statorseitigen Permanentmagneten (15, 16) der Amplitude der Kolbenbewegung entspricht.
10. Antrieb nach Anspruch 8 oder 9, dadurch gekennzeichnet, dass zwei in axialer Richtung nebeneinanderliegende Spulen (8', 8'') vorgesehen sind, dass ein Joch (11) Spulen umfaßt, daß die Stirnseite eines zentralen Jochbauteiles (11') kolbenseitigen Permanentmagneten (20) umgibt und daß die Stirnseiten der inneren, sich axial erstreckenden Jochbauteile den statorseitigen Permanentmagneten (15, 16) von außen anliegen.
11. Antrieb nach einem der Ansprüche 1 bis 10, dadurch gekennzeichnet, dass er rotationssymmetrisch aufgebaut ist und dass die Permanentmagneten (15, 16, 18, 19, 20) jeweils ringförmig ausgebildet sind.
12. Antrieb nach einem der Ansprüche 1 bis 11, dadurch gekennzeichnet, dass die Polbauteile und/oder die Magnetkräfte axial symmetrisch aufgebaut bzw. gewählt sind.

13. Antrieb nach einem der Ansprüche 1 bis 11, dadurch gekennzeichnet, dass die Polbauteile und/oder die Magnetkräfte axial asymmetrisch aufgebaut bzw. gewählt sind.
14. Antrieb nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass er mit Sensoren (31, 32) zur Erkennung der Kolbenlage ausgerüstet ist.
15. Schwingkolbenvakuumpumpe mit einem Antrieb nach einem der Ansprüche 1 bis 14, dadurch gekennzeichnet, dass mindestens eine der beiden vom Kolben (4) und vom Zylinder (3) gebildeten Kammern (34, 35) mit einem Eintrittsventil und mit einem Austrittsventil ausgerüstet ist.
16. Pumpe nach Anspruch 15, dadurch gekennzeichnet, dass eine seitlich in die Kammer mündende Einlassleitung (36) vorgesehen ist, deren Mündung zusammen mit dem Kolben (4) ein Eintrittsventil bildet.
17. Pumpe nach Anspruch 15 oder 16, dadurch gekennzeichnet, dass druck- oder kolbengesteuerte Austrittsventile (41, 42) vorgesehen sind.
18. Pumpe nach Anspruch 17, dadurch gekennzeichnet, dass die Verschlussstücke (43, 44) der Austrittsventile (41, 42) als Teller ausgebildet sind und sich im wesentlichen über den gesamten Querschnitt des Zylinders (3) erstrecken.

19. Pumpe nach Anspruch 18, dadurch gekennzeichnet, dass die Schließbewegung der Teller (43, 44) durch Federkräfte erfolgt.
20. Pumpe nach Anspruch 18, dadurch gekennzeichnet, dass die Schließbewegung der Teller (43, 44) durch magnetische Kräfte erfolgt.
21. Pumpe nach Anspruch 20, dadurch gekennzeichnet, dass die Teller (43, 44) zumindest teilweise aus ferromagnetischem Werkstoff bestehen und dass die äußere Stirnseite der Statorpermanentmagneten (15, 16, 15', 16') den Ventilsitz bilden.
22. Pumpe nach einem der Ansprüche 15 bis 21, dadurch gekennzeichnet, dass ein oder mehrere Zylinder-/Kolbenpaare (3, 4, 3', 4') im Gehäuse (2) untergebracht sind.
23. Antrieb oder Pumpe nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass von Sensoren (31, 32) oder von anderen kolbenlagerabhängigen Signalen gesteuerte Schaltmittel (63, 66, 67) zur Ansteuerung der Spule(n) (8, 8', 8'') vorgesehen sind.
24. Verfahren zum Betrieb einer Pumpe oder eines Antriebs nach Anspruch 13, dadurch gekennzeichnet, dass die Frequenz der Kolbenbewegung und/oder der maximale Strom in der/den Spule(n) vorgegeben wird.

25. Verfahren nach Anspruch 24, dadurch gekennzeichnet, dass die Bewegungsumkehr bereits vor dem Erreichen der Endlage durchgeführt wird.
26. Verfahren nach Anspruch 24 oder 25 zum Betrieb einer Pumpe nach Anspruch 22, dadurch gekennzeichnet, dass die zugehörigen Antriebe so gesteuert werden, dass die Kolben (4, 4') paarweise gegenseitig schwingen.
27. Kolben für einen Schwingkolbenpumpe nach einem der Ansprüche 15 bis 22, dadurch gekennzeichnet, dass er aus zwei Topfbauteilen (70, 71) besteht, die im Bereich ihrer offenen Stirnseiten mit Verbindungsmitteln (72, 73) ausgerüstet sind.
28. Kolben nach Anspruch 27 für eine Pumpe nach einem der Ansprüche 8 bis 10, dadurch gekennzeichnet, dass die Topfbauteile (70, 71) im Bereich ihrer offenen Stirnseiten mit Rändern (74, 75) ausgerüstet sind, die im zusammengebauten Zustand eine Ringnut (76) zur Aufnahme des Magnetringes (20) bilden.

## Schwingkolbenantrieb

### ZUSAMMENFASSUNG

Die Erfindung betrifft einen Schwingkolbenantrieb, insbesondere für eine Schwingkolbenvakuumpumpe, mit einem Gehäuse (2), mit einem im Gehäuse ausgebildeten Zylinder (3), mit einem im Zylinder hin und her bewegbaren Kolben (4), und mit einem elektromagnetischen Antrieb für den Kolben (4), welcher statorseitig einen Elektromagneten (11) und kolbenseitig mindestens einen Permanentmagneten (18, 19) umfasst; zur Verlängerung der Lebensdauer wird vorgeschlagen, dass auch statorseitig Permanentmagneten (15, 16) vorgesehen sind und dass der/die Permanentmagnet(en) (18, 19) des Kolbens (4) und die Permanentmagneten (15, 16) des Stators so ausgebildet und angeordnet ist (sind), dass der Kolben (4) im Ruhezustand eine im wesentlichen zentrale axiale Lage einnimmt.

(Figur 1)

FIG. 1

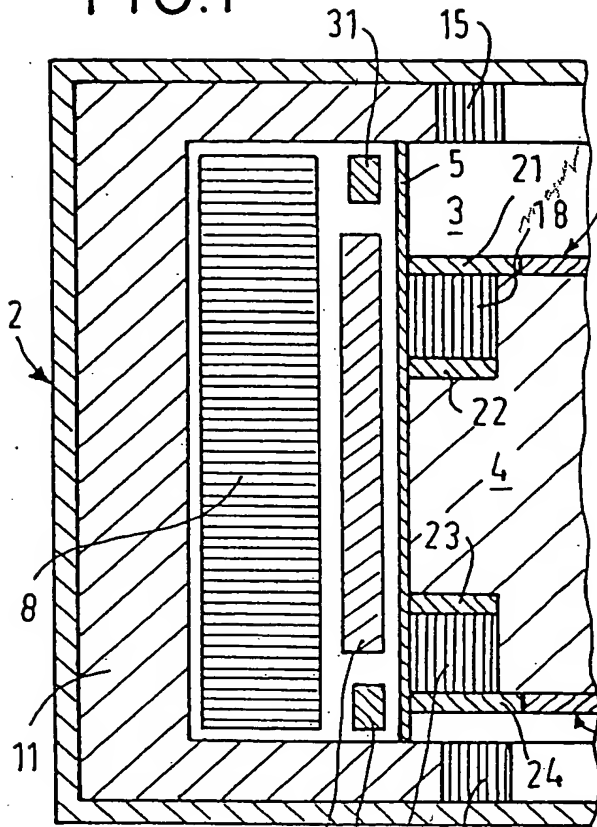


FIG. 2

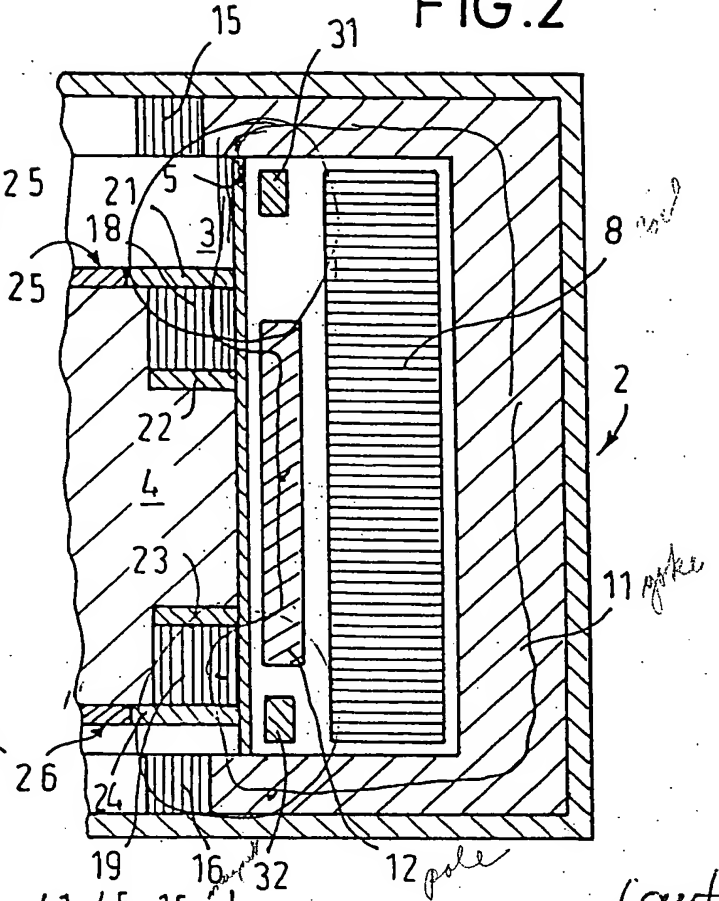


FIG. 3

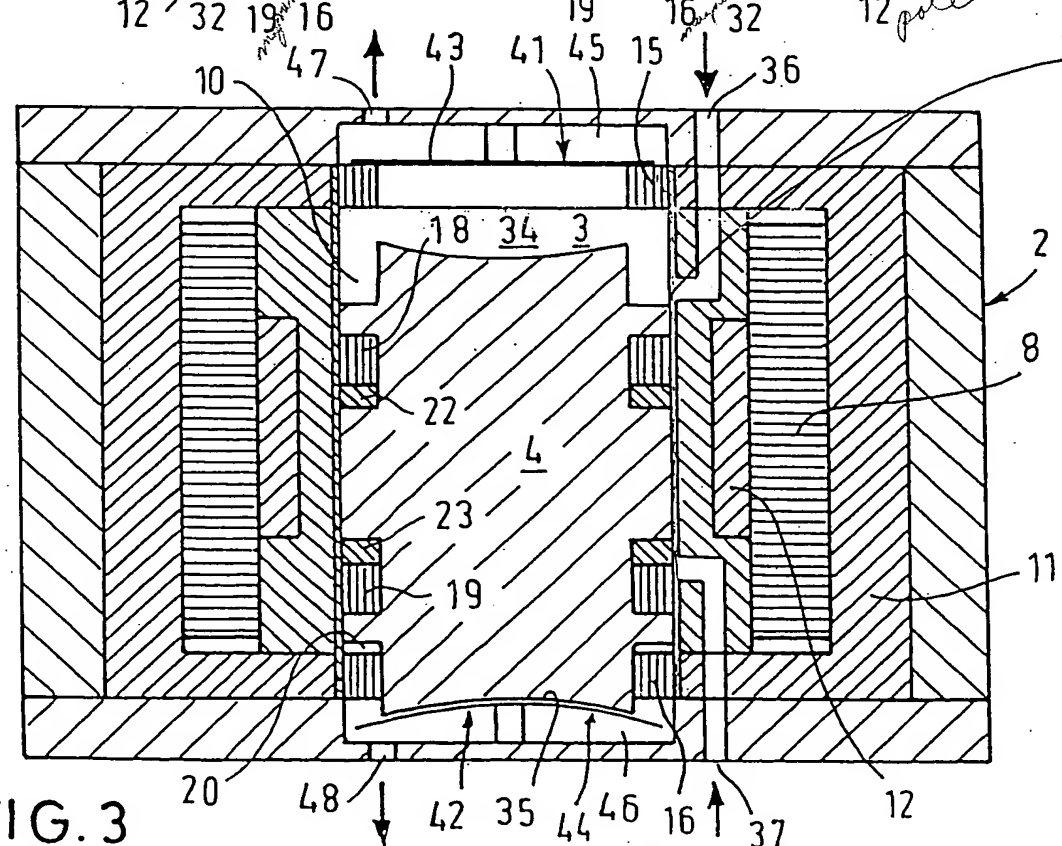


FIG. 4

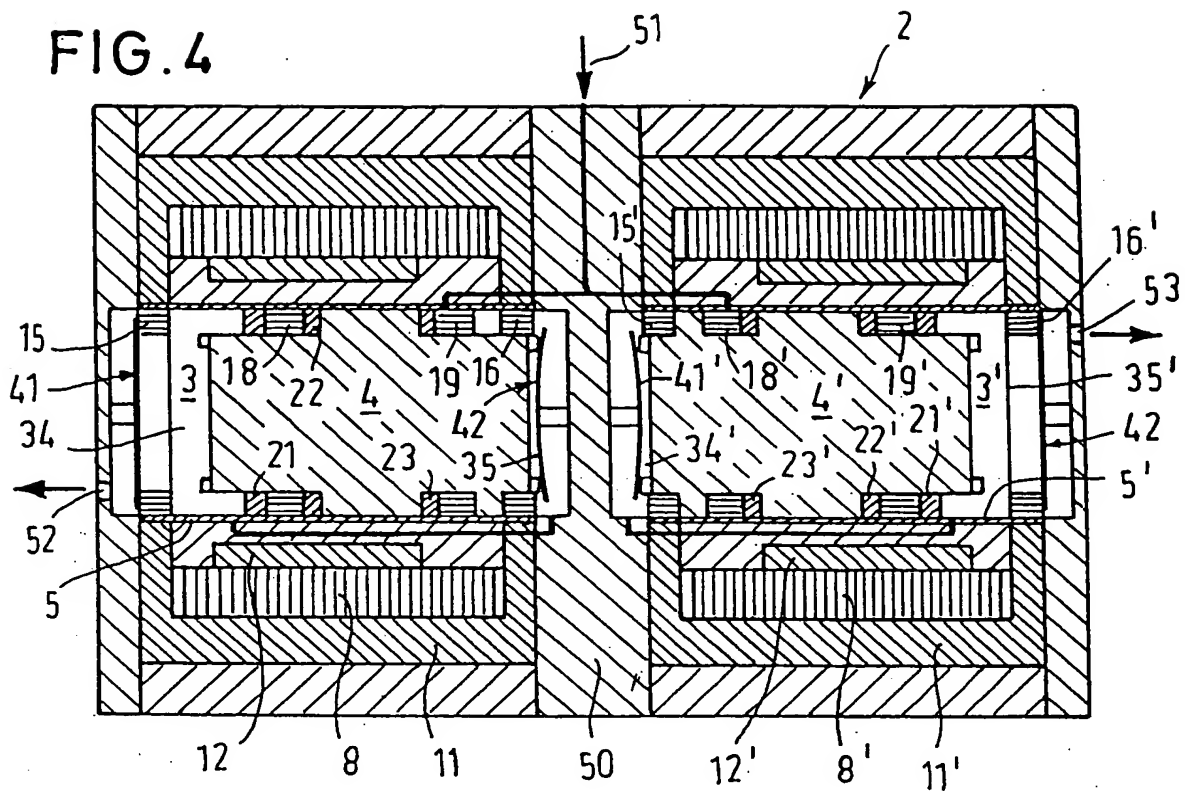
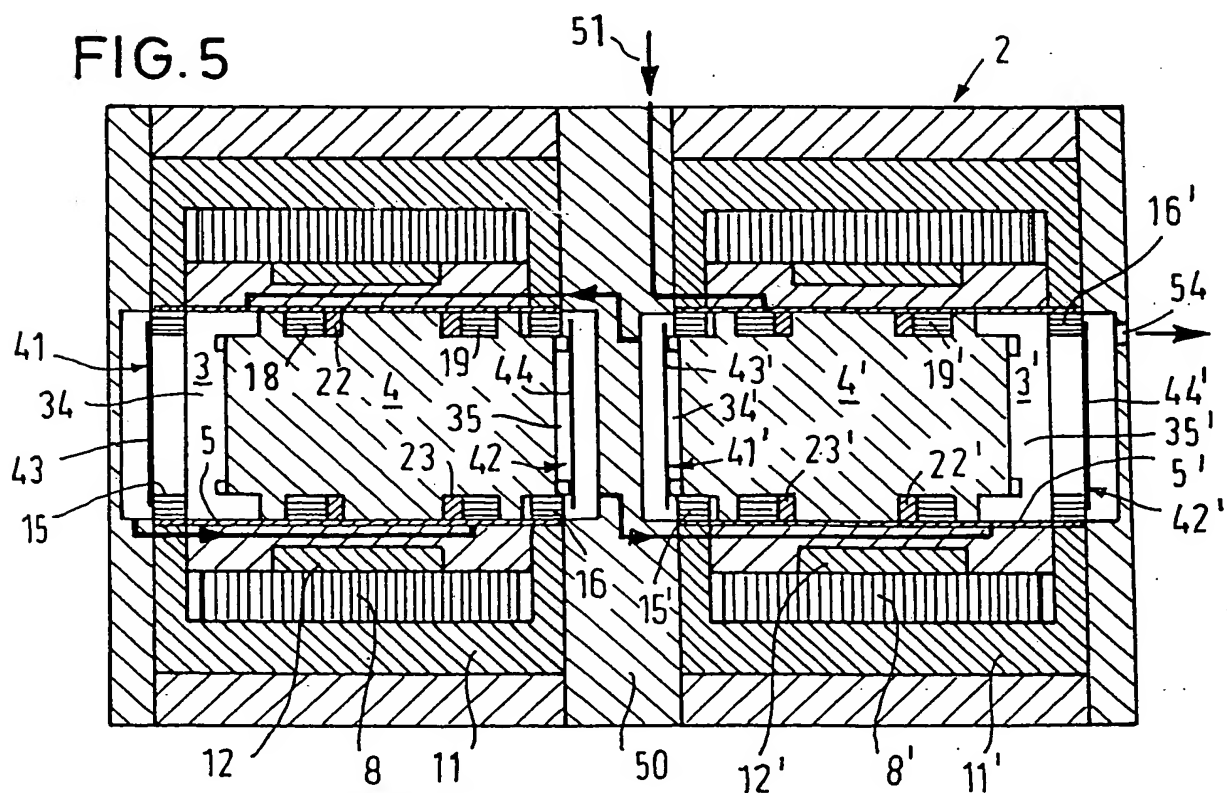


FIG. 5



BEST AVAILABLE COPY

700.06

FIG. 6

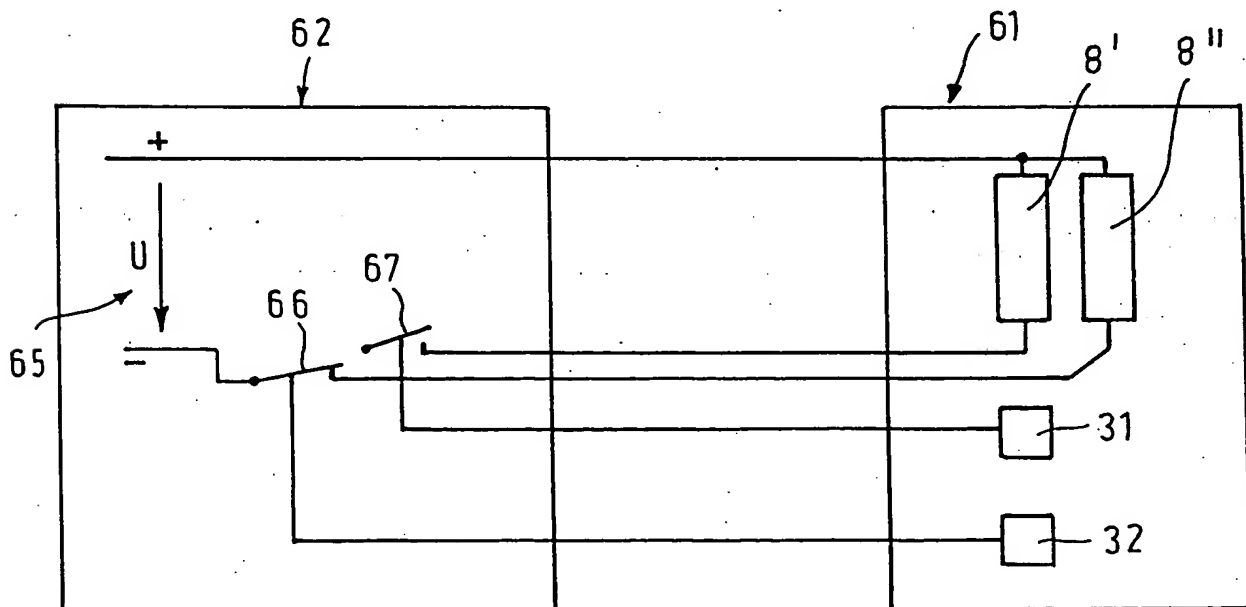
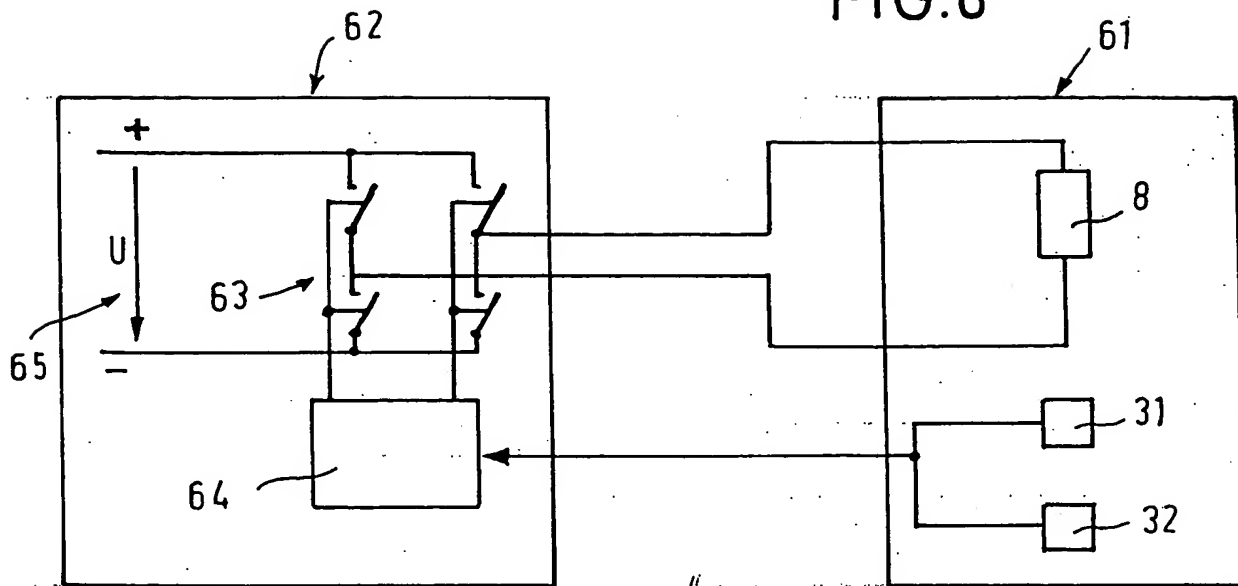


FIG. 7



